

Artikel Penelitian (Teknik Mesin)

## Kaji Eksperimen Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar Kayu dan Biopellet pada Kompor Bio Massa terhadap Efisiensi Pembakaran

Suheri <sup>1\*</sup>, Hamdani Umar <sup>1</sup>, Darlis Turnip <sup>1</sup>, Muhamad Safi'i <sup>2</sup>, Nazaruddin Sinaga <sup>3</sup>, Eflita Yohana <sup>3</sup>, Yuris Setyoadi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudera, Langsa, Aceh, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 30 Desember 2025

Revisi Akhir: 25 Januari 2026

Diterbitkan Online: 27 Januari 2026

### KATA KUNCI

Biomassa

Biopellet

Kayu

Kompor

Temperatur

Termal

### KORESPONDENSI (\*)

Phone: +62 811-684-0076

E-mail: [suheri@unsam.ac.id](mailto:suheri@unsam.ac.id)

### A B S T R A K

Pertumbuhan ekonomi dan populasi di Indonesia meningkat sangat pesat, sehingga memungkinkan adanya peningkatan konsumsi energi dan bahan bakar. Peningkatan konsumsi energi dan bahan bakar, terutama bahan bakar fosil untuk aktivitas masyarakat yang tidak terkontrol akan memberikan dampak negatif, sehingga penggunaan energi biomassa menjadi perhatian utama untuk transisi dan kemandirian energi. Penelitian pada bidang bahan bakar berbasis biomassa berupa biopellet yang terbuat dari campuran serbuk geraji dan dedak padi yang dibakar pada kompor biomassa dengan dimensi 520 x 250 x 190 mm dijadikan objek penelitian. Variasi aliran udara yang terkontrol dan di variasikan sebesar 3 m/s, 6 m/s, dan 9 m/s dengan bantuan *blower* dan variasi waktu pembakaran yang dikembangkan sebesar 60 detik, 120 detik, 180, 240 detik, 300 detik, 360 detik, 420 detik, 480 detik, 540 detik, dan 600 detik dikarakterisasi guna mengetahui efisiensi pembakaran dan efisiensi termal dengan pendekatan eksperimen. Hasil uji menunjukkan bahwa variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s memiliki nilai efisiensi termal tertinggi dengan nilai 46,349% dengan bahan bakar biopellet dan 41,381% dengan bahan bakar kayu pada variasi waktu pembakaran sebesar 600 detik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk pedoman perancangan kompor biomassa yang efektif dan efisien, serta dapat di aplikasikan secara praktis di lapangan. Selain itu, variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s dan waktu pembakaran 600 detik menjadikannya parameter penting untuk di rekomendasikan sebagai pengaturan ideal dalam pengoperasian

### PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan populasi di Indonesia meningkat sangat pesat, sehingga memungkinkan adanya peningkatan konsumsi energi dan bahan bakar [1]. Peningkatan konsumsi energi dan bahan bakar, terutama bahan bakar fosil untuk aktivitas masyarakat yang tidak terkontrol akan memberikan dampak negatif [2]. Dampak tersebut seringkali mengakibatkan polusi, pemanasan global, dan gangguan kesehatan [3]. Untuk mengatasi masalah tersebut, energi dan bahan bakar ramah lingkungan yang berbasis energi terbarukan menjadikan solusi yang menarik untuk dikembangkan, salah satunya adalah biomassa [4]. Biomassa adalah bahan organik terbarukan yang berasal dari tumbuhan dan hewan [5]. Biomassa punya kelebihan sebagai sumber energi terbarukan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, bisa menurunkan emisi gas rumah kaca (jika dikelola baik), dan biaya operasionalnya relatif murah [6]. Dalam praktiknya, biomassa sangat berperan penting sebagai bahan bakar alternatif yang bersih dan murah untuk memasak, menghasilkan panas efisien dari limbah organik [7]. Selain itu, biomassa juga berperan dalam mengurangi ketergantungan pada gas atau minyak, serta memberikan solusi energi terbarukan yang ramah lingkungan, terutama di pedesaan [8].

Untuk memaksimalkan manfaat biomassa dalam memperoleh energi untuk kebutuhan masyarakat dibutuhkan kompor biomassa sebagai teknologi tepat guna [9]. Selain itu, dalam rangka menghadapi krisis energi dan wujud kemandirian

energi kompor biomassa menjadikan alat yang tepat untuk menunjang kebutuhan masyarakat [10]. Kompor biomassa juga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik, dimana energi listrik tersebut dapat dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan industri UMKM Masyarakat [11]. Berbagai macam penelitian tentang kompor biomassa sudah banyak dilakukan guna untuk mengetahui performa dan efisiensi kompor biomassa [12]. Rancang bangun kompor biomassa sistem udara paksa dengan bahan bakar biopellet dengan memvariasikan kecepatan udara sebesar 5 m/s dan 8 m/s diteliti guna untuk mendapatkan desain optimal pada kompor biomassa. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa suhu maksimum pembakaran biopellet mencapai 860°C dengan konsumsi bahan bakar 220gram dan waktu pendidihan air selama 10 menit. Sementara itu, kayu hanya mencapai suhu maksimum 613°C, menghabiskan 642gram bahan bakar dengan waktu pendidihan air selama 17 menit. Dari hasil tersebut, biopellet terbukti memiliki waktu pemanasan yang lebih singkat dibandingkan kayu [1]. Variasi kecepatan aliran udara sebesar 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s dengan bahan bakar campuran 50% biopellet kayu jati: 50% chips bambu betung diteliti guna untuk mengetahui performa kompor biomassa. Hasilnya, kondisi optimum performa kompor biomassa T-LUD pada kecepatan aliran udara 4 m/s menghasilkan efisiensi termal tertinggi sebesar 29,17%, *specific fuel consumption* terendah yaitu sebesar 2,038 kg/jam, dan kadar emisi CO sebesar 22 ppm [8].

Kompor biomassa tipe *continue* dengan dimensi 49 cm dan bobot 50 kg dikembangkan dan dibandingkan terhadap kompor konvensional untuk mengetahui efisiensi pembakarannya dengan variasi waktu pembakaran 2,5 jam dan 3,5 jam dengan presentase berat bahan bakar sebesar 13 kg dan 20 kg. Hasilnya, perapian bahan baku dodol sebanyak 4 kg dimana efisiensi waktu lebih singkat sebesar 28.5% dibandingkan dengan metode konvensional. Sedangkan kebutuhan bahan bakar dalam pengujian lebih hemat sebesar 35% dari seperti biasanya. Selain itu diperoleh desain kemasan dodol yang informatif memiliki ukuran 10 x 15 x 7 cm (P x L x T) untuk kapasitas 5 pcs dodol [13]. Rancang bangun konstruksi kompor biomassa menggunakan bahan bakar kayu dikarakterisasi untuk melihat efektifitas alat yang dirancang. Pengujian dilakukan dengan variasi penggunaan 1 kg dan 2 kg bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan nyala efektif sebesar 19,8 menit dengan waktu operasi total sebesar 47 menit. Energi yang dihasilkan pada pengujian tahap 1 adalah daya keluar dan masuk yang memiliki nilai masing-masing sebesar 1,37 kW dan 14.6 Kw [7].

Penelitian sebelumnya berfokus pada variasi berat bahan bakar biomassa, waktu pembakaran, tipe kompor biomassa dan lain sebagainya. Namun parameter penting berupa variasi kecepatan udara belum banyak diteliti pada kompor biomassa. Singkatnya, penelitian ini mengkaji pengaruh variasi besaran aliran udara sebesar 3 m/s, 6 m/s, dan 9 m/s guna untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan efisiensi termal. Selain itu, variasi waktu pembakaran yang dikembangkan sebesar 60 detik, 120 detik, 180, 240 detik, 300 detik, 360 detik, 420 detik, 480 detik, 540 detik, dan 600 detik, dikarakterisasi guna mengetahui efisiensi pembakaran dan efisiensi termal. Biomassa jenis biopellet dengan komposisi campuran ampas gergaji dan dedak padi dengan presentasi seimbang diterapkan. Tujuannya adalah memanfaatkan limbah ampas gergaji dan dedak padi agar tidak menjadi sampah yang tidak berguna. Selain itu, penggunaan bahan bakar ampas gergaji dan dedak padi adalah karena statusnya sebagai limbah yang melimpah dan murah, serta potensinya sebagai sumber energi terbarukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat direkomendasikan dan diterapkan pada aplikasi praktis di lapangan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Kaji eksperimen pembangkit listrik berbasis termoelektrik dengan memanfaatkan panas dinding kompor biomassa dilakukan dengan variasi jumlah lubang (20, 27, dan 34) dengan diameter lubang 0,008 m, serta 34 lubang asli berdiameter 0,006 m. Pengujian daya termoelektrik dilakukan secara seri, diikuti analisis data. Hasil kaji eksperimen mengungkapkan bahwa lima modul TEG SP1848-27145 yang dipasang pada dinding kompor menghasilkan daya maksimum 1,242Watt dengan 34 lubang modifikasi. Reaktor dengan 34 lubang asli menghasilkan 0,874 Watt, 27 lubang 0,518 Watt, dan 20 lubang 0,306 Watt. Meskipun demikian daya yang dihasilkan masih tergolong kecil, karena kebutuhan listrik *input* lebih besar daripada *output* yang dihasilkan [2]. Studi eksperimen pembakaran biomassa campuran serbuk kayu dilakukan dengan variasi presentase perbandingan campuran tersebut sebesar 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai FCR (Fuel Consumption Rate) terbesar 2,31 kg/jam, Pout (Daya Bersih) terbesar 0,533 kW, Pin (Daya Pembakaran) terbesar 5,31 kW, Ploss (Kehilangan Daya) terbesar 5,02 kW dan Efisiensi terbesar 66 % [3]. Rancang bangun kompor biomassa dilakukan guna untuk mengetahui daya yang dihasilkan. Variasi bahan bakar kayu dan serbuk kayu dikembangkan dengan berat 1 kg, 2 kg, dan 3 kg. Hasil pengujian menggunakan 2 kg bahan bakar menghasilkan nyala efektif sebesar 19.8 menit dengan waktu operasi total sebesar 47 menit. Energi yang dihasilkan pada pengujian tahap 1 adalah daya keluar dan masuk yang memiliki nilai masing-masing sebesar 1.37 kw dan 14.6 kw [7].

Variabel kecepatan aliran udara dikembangkan dan diaplikasikan dalam penelitian dengan nilai 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s pada kompor biomasa dengan bahan bakar campuran 50% biopellet kayu jati: 50% chips bambu betung. Hasil penelitian didapatkan kondisi optimum performa kompor biomassa T-LUD pada kecepatan aliran udara 4 m/s menghasilkan efisiensi termal tertinggi sebesar 29,17%, specific fuel consumption terendah yaitu sebesar 2,038 kg/jam, dan kadar emisi CO sebesar 22 ppm [8].

Hubungan antara suplai udara dan kesempurnaan pembakaran bahan bakar biomassa sangat erat dan bersifat langsung (proporsional hingga titik tertentu) [14]. Suplai udara yang optimal sangat penting untuk memastikan seluruh karbon dan hidrogen dalam biomassa teroksidasi menjadi energi panas, bukan emisi polutan [15]. Untuk mengoptimalkannya digunakan *Water Boiling Test* (WBT) [1]. *Water Boiling Test* (WBT) merupakan metode standar untuk mengukur efisiensi termal dan kinerja kompor dengan memanaskan air, menggunakan rumus utama efisiensi termal ( $\eta$ ) berdasarkan energi yang diserap air dibandingkan total energi bahan bakar [1, 3]. Efisiensi termal pada kompor biomassa biasanya merupakan perbandingan persentase energi bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air [12]. Dalam hal ini efisiensi termal dapat dihitung dengan menggunakan rumus (1).

$$\eta = \frac{(m_{water} \times Cp \times \Delta T) + (m_{evap} \times L \times \Delta T)}{(m_{fuel} \times HHV)} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar air bahan bakar biopellet yang ideal menurut standar SNI 8021:2014 adalah maksimal 12%, namun hasil penelitian sering menunjukkan nilai yang lebih baik, umumnya berkisar antara 2,94% hingga 13,16%. Semakin rendah kadar air (sebaiknya <10%), semakin tinggi nilai kalor dan efisiensi pembakaran, serta lebih sedikit asap [4, 6]. Kadar air bahan bakar biopellet dihitung dengan menggunakan rumus (2).

$$M = \frac{m_{fuel\ wet} - (m_{fuel\ dry} \times L \times \Delta T)}{m_{fuel\ wet}} \times 100\% \quad (2)$$

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption* - SFC) biopellet merujuk pada jumlah biopellet yang dibutuhkan untuk menghasilkan satuan energi tertentu (misalnya, per kg uap, per kWh, atau per liter air yang dididihkan) [7]. Biopellet dikenal memiliki efisiensi tinggi karena densitas dan nilai kalor yang seragam [9]. Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption* - SFC) biopellet dapat dihitung dengan menggunakan rumus (3).

$$SFC = \frac{m_{fuel}}{V_{water\ boiling}} \quad (3)$$

Laju konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption* - SFC) biopellet merujuk pada jumlah biopellet (biasanya dalam kg) yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit energi (kWh atau MJ) atau untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu (misalnya mendidihkan air) [11]. Laju konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption* - SFC) biopellet dapat dihitung dengan menggunakan rumus (3).

$$SFC = \frac{m_{fuel}}{t} \quad (4)$$

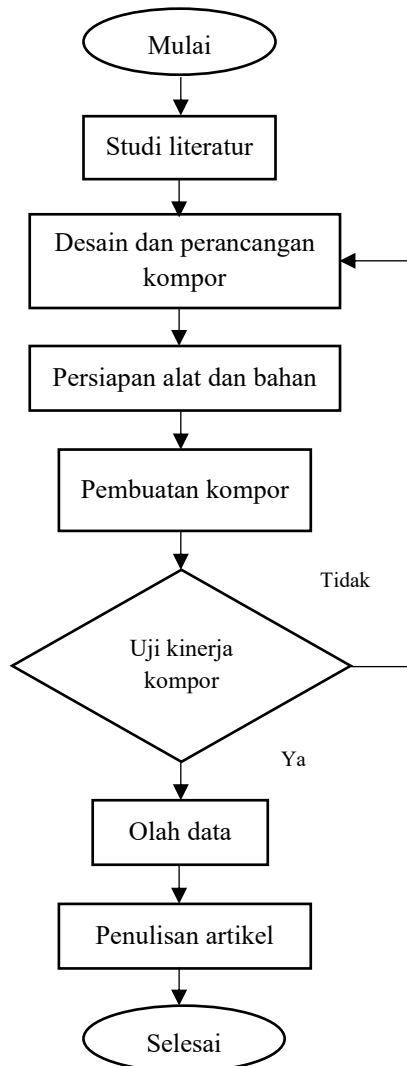
Laju konsumsi bahan bakar biopellet pada kompor biomassa umumnya berkisar antara 0,5 - 1,5 kg/jam, tergantung pada desain kompor dan pengaturan laju alir udara [1]. Nilai kalor biopellet yang digunakan berkisar antara 4500 - 5100 kkal/kg, dengan efisiensi termal kompor yang bervariasi antara 25% - 40% [13]. Daya kompor biomassa umumnya berkisar antara 350Watt hingga lebih dari 5 kW, bergantung pada desain, bahan bakar, dan ukuran ruang bakar [6]. Kompor ini efisien, sering menggunakan kipas DC kecil (1,5 Watt) untuk optimasi pembakaran, dan dapat menghasilkan panas tinggi (*Water Boiling Test*) dengan konsumsi bahan bakar 800 gram-1 kg per jam [1, 3]. Daya kompor biomassa dapat dihitung dengan menggunakan rumus (5).

$$P = \frac{m_{fuel} \times HHV}{t \times 60} \quad (5)$$

## METODOLOGI

### *Alur Penelitian*

Langkah-langkah yang diambil untuk mendukung proses penelitian yang akan ditentukan berdasarkan diagram alir dibawah ini yang dibuat agar penelitian dapat berjalan lebih terarah dan sistematis. Tahapan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian yang dijelaskan pada Gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

#### Keterangan:

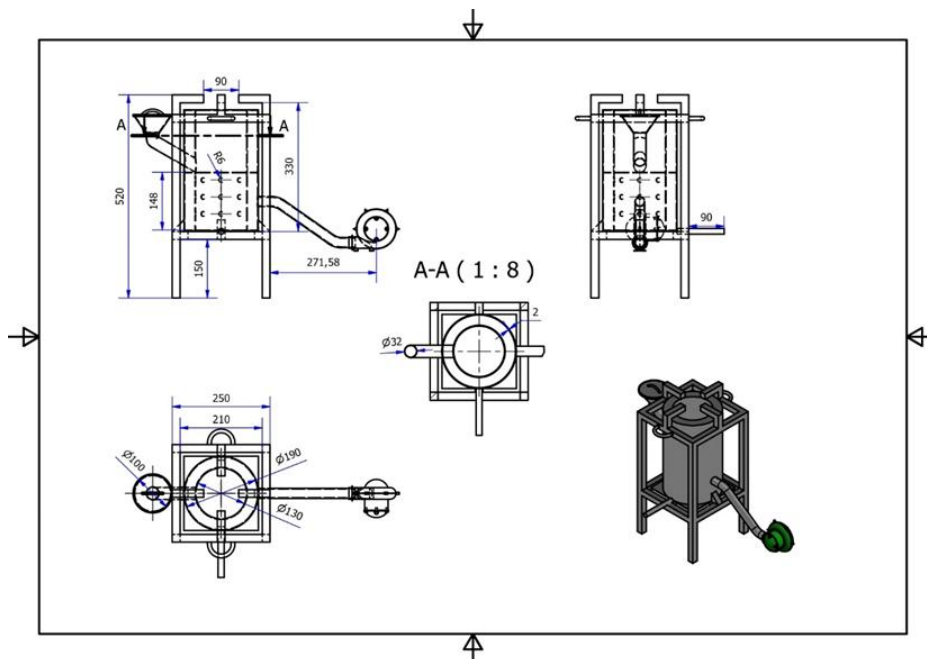
1. Studi literatur: Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan teori dan hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk memudahkan proses dan menentukan variabel target dalam penelitian.
2. Desain dan perancangan dengan *Software Gambar*: Desain dan perancangan kompor biomassa dilakukan dengan menggunakan *Software Gambar Solidworks* dengan dimensi yang dijelaskan pada Gambar 2.
3. Persiapan alat dan bahan: Persiapan alat dan bahan pembuatan kompor biomassa meliputi logam tahan panas untuk badan kompor, alat pemotong dan las, dan bahan bakar biomassa. Bahan utamanya meliputi Plat Baja ASTM A36 (tebal 1,5 mm), besi siku untuk kerangka, dan kipas *blower* DC (untuk model otomatis)..
4. Pembuatan kompor: Tahapan pembuatan kompor biomassa umumnya melibatkan perancangan, persiapan material (plat besi/kaleng), pemotongan, pelubangan, perakitan (las), dan pembuatan sistem aliran udara (*burner* atau *blower*) untuk memaksimalkan pembakaran gasifikasi. Proses utamanya adalah membuat tungku bakar ganda (*inner-outer*) agar pembakaran lebih efisien dan mengurangi asap.

5. Uji kinerja kompor: Tahapan uji kinerja kompor biomassa umumnya menggunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) untuk mengukur efisiensi termal, kecepatan mendidihkan air, dan konsumsi bahan bakar. Langkah utamanya meliputi persiapan bahan bakar (kayu dan pelet) dan alat masak, penimbangan bahan bakar, pengukuran air, penyalaan kompor, pencatatan suhu dan waktu, memvariasikan besaran kecepatan aliran udara sebesar 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s, serta perhitungan hasil akhir.
6. Olah data: Menghitung laju perpindahan panas, panas sensibel, panas laten, menghitung WBT, dan efisiensi pembakaran.
7. Penulisan artikel.

## Model Fisik

### Kompor Biomassa

Gambar 2 merupakan gambar desain kompor biomassa dengan tampak samping, depan, atas, dan 3-D beserta ukurannya yang menjadi objek dalam penelitian ini. Pemodelan gambar dilakukan dengan menggunakan *Software Gambar Solidworks*. Plat Baja ASTM A36 dengan tebal 1,5 mm di gunakan dalam pembuatan kompor biomassa. Kompor biomassa dengan dimensi 520 x 250 x 190 mm memiliki prinsip kerja dengan membakar biopellet secara efisien menggunakan aliran udara yang terkontrol dan di variasikan sebesar 3 m/s, 6 m/s, dan 9 m/s dengan bantuan *blower* untuk menciptakan pembakaran sempurna. Selain itu, manajemen pengelolaan asap menjadikan panas tambahan (gasifikasi), menghasilkan panas stabil untuk memasak dengan sedikit asap dan jelaga.



Gambar 2. Desain Kompor Biomassa.

### Biopellet

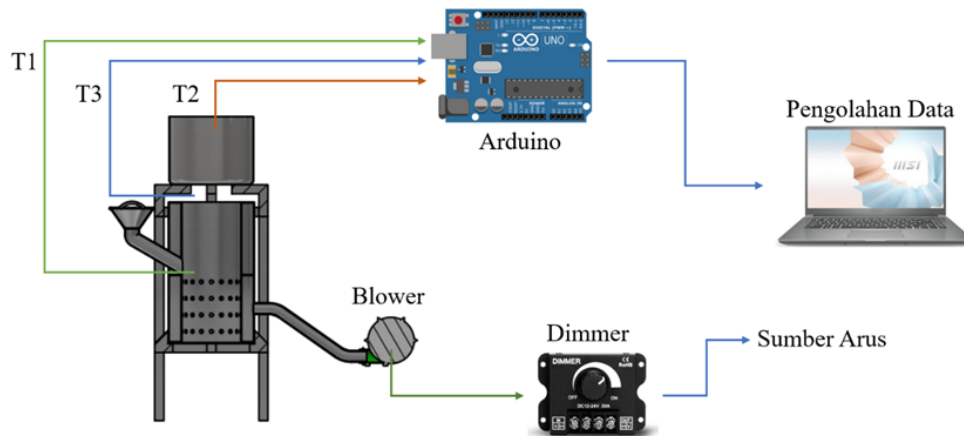
Proses pembuatan biopellet dilakukan dengan empat tahap utama: persiapan bahan baku berupa campuran ampas gergaji dan dedak padi untuk kemudian dikeringkan dan digiling pada mesin. Pencampuran perekat alami berupa tepung tapioka di aplikasikan untuk mendapatkan kualitas biopellet yang optimal. Setelahnya, dilakukan pencetakan menggunakan mesin press untuk membentuk silinder dengan diameter 8 mm dengan panjang 10-30 mm, dan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3-5 jam. Biopellet hasil olahan ini memiliki karakteristik warna coklat merata dengan sifat fisik halus, padat, dan tidak mudah hancur. Hasil olahan biopellet dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Biopellet.

**Skema Eksperimen**

Skema eksperimen pada kompor biomassa dijelaskan oleh Gambar 4. Mulanya biopellet di masukkan pada *storage* kompor, kemudian dilakukan aktivitas pembakaran biopellet pada *storage* kompor dan menyalakan *blower*. *Blower* yang digunakan pada penelitian ini memiliki Merk TORA TR0900062 2.5inch dengan *input power* 250 W. Selanjutnya, nyala api kompor biomassa diatur berdasarkan kecepatan udara pada *blower* yang sudah ditentukan dan diatur oleh perangkat *Dimmer* dengan besaran kecepatan aliran udara 3 m/s, 6 m/s, dan 8 m/s. *Dimmer* Merk Depo LED DIMR.OUTB30A kapasitas 30 A dengan listrik DC 12-24 V diaplikasikan pada penelitian ini. Perhitungan parameter suhu pada 3 titik berbeda dilakukan berdasarkan lokasi T1 adalah *storage* kompor, T2 adalah pipa api, T3 adalah nyala api. *Thermocouple* tipe K merk AND Teknologi AD-1214 digunakan untuk mendeteksi besaran parameter suhu. Data parameter suhu yang didapatkan berdasarkan sensor *thermocouple* kemudian di integrasikan ke arduino uno ATMEGA 328P CH340. Transfer data hasil penelitian berupa pengaruh besaran kecepatan aliran udara yang dikembangkan pada kompor biomassa kemudian di monitoring dengan menggunakan laptop merk hp intel core i7, Ram 16 GB, SSD 1 TB untuk kemudian data tersebut dapat diolah guna menentukan besaran laju perpindahan panas, panas sensibel, panas laten, FCR dan efisiensi termal.



Gambar 4. Skema Eksperimen Kompor Biomassa.

**Reduksi Data Eksperimen**

Laju perpindahan panas konduksi dihitung berdasarkan laju panas api kedalam tungku dan dandang saat percobaan. Laju perpindahan panas konduksi dihitung dengan rumus 1:

$$q = K \times A \times \frac{\Delta y}{\Delta x} \tag{1}$$

Fenomena perpindahan panas konveksi yang terjadi pada pengujian ini adalah pindahnya energi panas dari dandang ke dalam bahan yang hendak di masak yakni air. Sehingga laju perpindahan panas konveksi dirumuskan dengan persamaan 2:

$$q_{conv} = h \times A \times (T_s - T_{\infty}) \tag{2}$$



*Sensible Heat* adalah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air yang diukur sebelum air mendidih dan sesudah mendidih (D. Turnip et al., 2025). *Sensible Heat* dihitung dengan menggunakan rumus 3:

$$SH = M_w \times C_p \times (T_f - T_i) \quad (3)$$

*Latent Heat* adalah jumlah energi yang digunakan untuk menguapkan air dengan menggunakan formula sebagai berikut.

$$LH = W_e \times HFG \quad (4)$$

WBT merupakan proses pengujian penguapan air untuk melakukan perhitungan analisis efisiensi termal (D. Turnip et al., 2025). Pengukuran dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan bakar dan air yang terpakai selama proses pembakaran. Dilanjutkan dengan langkah terakhir yaitu proses perhitungan dan analisis data. Metode WBT telah memperlihatkan kegunaan bahan bakar yang dapat diprediksikan secara kasar untuk berbagai keperluan pembakaran. Dapat digunakan untuk mengukur beberapa aspek berkaitan *power input*, *sensible heat*, *latent heat*, efisiensi termal, laju konsumsi bahan bakar (*FCR*) dan *power output* seperti yang dijelaskan pada persamaan 5 (L. R. Idji et al., 2020).

$$FCR = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad (5)$$

Perhitungan efisiensi termal, efisiensi termal adalah perbandingan antara nilai kalor yang diterima oleh air dengan nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar. Perhitungan efisiensi termal dilakukan dengan menggunakan persamaan umum yang biasa digunakan metode *Water Boiling Test* (WBT) menggunakan persamaan 6:

$$\eta_{th} = \frac{SH \times LH}{HVF \times WFU} \times 100\% \quad (6)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Karakteristik Pembakaran*

Kompur biomassa yang sedang diuji untuk diteliti terkait dengan karakteristik pembakarannya bekerja dengan membakar bahan biopellet secara efisien menggunakan aliran udara yang terkontrol oleh instalasi *dimmer* dan *blower* untuk menciptakan pembakaran sempurna. Selain itu, pengelolaan asap menjadi panas tambahan (gasifikasi) yang menghasilkan panas stabil untuk memasak dengan sedikit asap dan jelaga. Sehingga diharapkan mendapatkan energi bahan bakar yang maksimal dan meminimalkan emisi, menjadikannya lebih hemat dan bersih daripada tungku tradisional. Hasil penelitian ini disajikan secara rinci guna mengetahui fenomena fisik pada kompor biomassa, salah satunya adalah karakteristik nyala api seperti yang dijelaskan pada Gambar 5. Karakteristik nyala api pada pembakaran kompor meliputi warna api biru yang cenderung berada pada bagian bawah pusat semburan api dengan rentang suhu sekitar 500°C hingga 950°C, sedangkan api warna kuning ke merah cenderung di bagian tengah hingga ujung nyala api. Api dengan karakteristik warna tersebut memiliki suhu sekitar 500°C hingga 700°C.



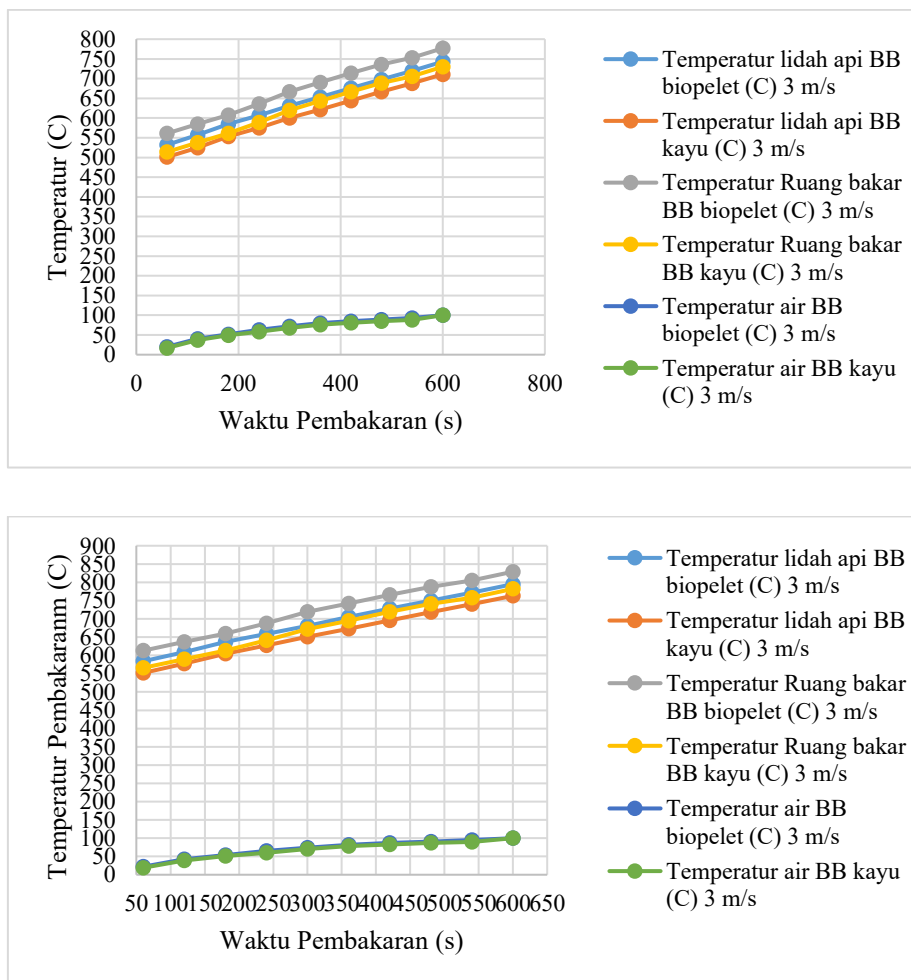
Gambar 5. Hasil Perbandingan Pembakaran Biopellet dan Kayu pada Kompor Biomassa.

Nyala api yang berkembang pada kompor biomassa memiliki kecenderungan stabilitas dan konsistensi baik pada warna biru maupun kuning kemerahan. Tinggi nyala api juga meningkat seiring peningkatan laju aliran udara yang dikembangkan

dengan nilai 3 m/s, 6 m/s, dan 9 m/s yang bisa mencapai ukuran panjang antara 30 cm hingga 50 cm. Selain itu, bunyi dan suara letupan dan gemericik menandakan bahwa api bereaksi membakar biopellet dengan sempurna, akibatnya dihasilkan energi. Energi yang terekspose pada kompor biomassa terjadi karena adanya perubahan energi kimia (gas) menjadi energi panas saat dinyalakan. Nyala api pada pembakaran biomassa biasanya mirip atau sedikit lebih tinggi dalam kondisi yang optimal karena kepadatan dan nilai kalorinya yang lebih konsisten dan tinggi dibandingkan bahan kayu mentah yang dibakar.

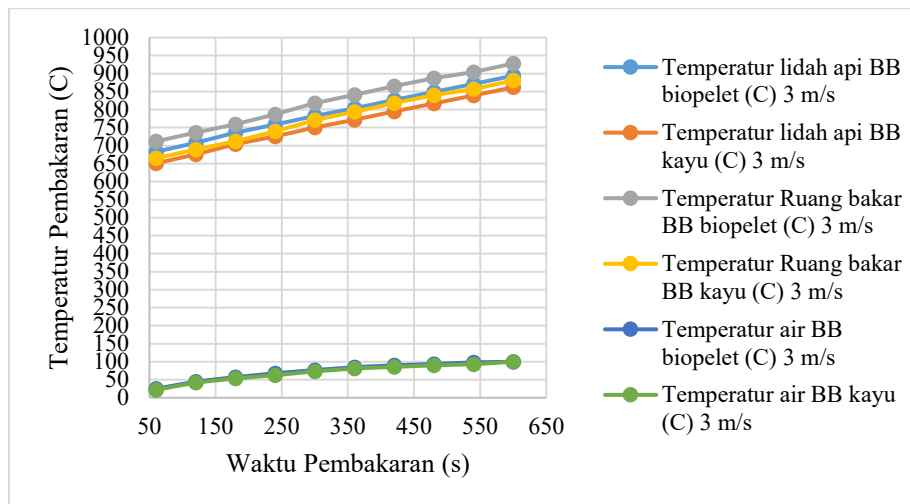
**Pengaruh Variasi Waktu Pembakaran**

Variasi waktu pembakaran sebesar 60 detik, 120 detik, 180, 240 detik, 300 detik, 360 detik, 420 detik, 480 detik, 540 detik, dan 600 detik sangat memengaruhi karakteristik api. Semakin cepat waktu pembakaran (laju pembakaran tinggi), api cenderung lebih singkat, lebih biru (pembakaran sempurna), dan lebih panas karena efisiensi oksidasi tinggi, sedangkan waktu pembakaran yang lebih lama seringkali berhubungan dengan api yang lebih oranye/kuning, lebar, dan kurang efisien, terutama jika dipengaruhi oleh faktor seperti kadar air tinggi atau viskositas bahan bakar yang menyulitkan pencampuran udara, menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan energi terbuang. Variasi waktu pembakaran yang rendah terbukti memberikan dampak nyala api cenderung lebih pendek, berwarna biru (pembakaran sempurna) karena oksigen melimpah dan reaksi cepat, sehingga karakteristik dan efisiensi lumayan tinggi, panas terlepas lebih cepat, laju produksi kalor (HRR) tinggi. Beda halnya dengan waktu pembakaran yang tinggi memungkinkan adanya nyala api cenderung bertahan lebih lama, sehingga karakteristik dan efisiensi pembakaran menjadi baik. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara temperatur pembakaran terhadap waktu pembakaran diberbagai variasi kecepatan udara.



Gambar 6. Hubungan antara Temperatur Pembakaran terhadap Waktu Pembakaran diberbagai Variasi Kecepatan Udara (1).



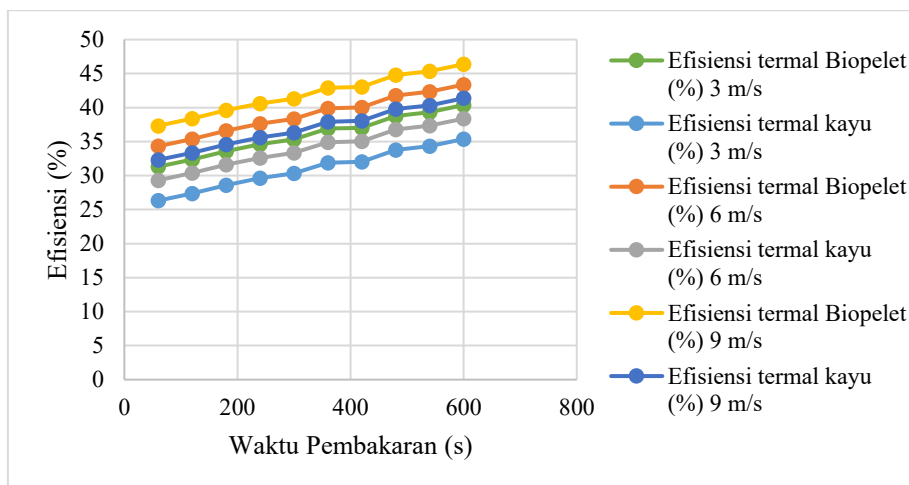


Gambar 6. Hubungan antara Temperatur Pembakaran terhadap Waktu Pembakaran diberbagai Variasi Kecepatan Udara (2).

Umumnya, temperatur terendah lidah api dan ruang bakar pada kompor biomassa didapatkan pada pengujian pembakaran dengan variasi kecepatan udara sebesar 3 m/s diberbagai variasi waktu pembakaran baik dengan bahan bakar biopelet maupun kayu. Nilai temperatur lidah api berkisar antara 743°C dan ruang bakar sebesar 777°C dengan bahan bakar biopelet serta nilai temperatur lidah api berkisar antara 711°C dan ruang bakar sebesar 730°C dengan bahan bakar kayu. Kemudian diikuti variasi kecepatan udara 6 m/s yang memiliki nilai temperatur lidah api berkisar antara 795°C dan ruang bakar sebesar 829°C dengan bahan bakar biopelet serta nilai temperatur lidah api berkisar antara 763°C dan ruang bakar sebesar 782°C dengan bahan bakar kayu, kemudian yang tertinggi diperoleh pada variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s yang memiliki nilai temperatur lidah api berkisar antara 894°C dan ruang bakar sebesar 928°C dengan bahan bakar biopelet serta nilai temperatur lidah api berkisar antara 862°C dan ruang bakar sebesar 881°C dengan bahan bakar kayu. Data tersebut diambil berdasarkan variasi waktu pembakaran sebesar 600 detik.

### ***Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara***

Kecepatan udara yang dikembangkan sebesar 3 m/s, 6 m/s, dan 9 m/s diharapkan mempercepat pembakaran, membuat nyala api lebih tinggi, kuat, dan seringkali lebih biru (pembakaran sempurna) karena pasokan oksigen meningkat, namun juga mempercepat habisnya bahan bakar dan dapat membuat nyala api lebih pendek atau tidak stabil jika terlalu kuat, mengubah intensitas dan durasi nyala api. Kecepatan aliran udara sangat memengaruhi pembakaran kompor: udara terlalu sedikit menyebabkan pembakaran tidak sempurna (api oranye atau kuning, banyak jelaga), sedangkan udara terlalu banyak membuat api terlalu panas, tinggi, cepat habis, dan bisa jadi tidak stabil, sementara udara ideal menciptakan api biru stabil, panas maksimal, dan efisiensi tertinggi. Efisiensi pembakaran kompor biomassa biasanya tergantung aliran udara, bahan bakar, dan desain *burner*, suhu (api biru panas, merah lebih dingin), stabilitas (api konsisten atau berkedip), serta karakteristik fisik seperti tinggi nyala dan suara mendesis saat gas hampir habis. Pembakaran yang baik ditandai dengan api biru stabil dan efisien, sementara api merah atau kuning menandakan pembakaran tidak sempurna atau gas menipis. Gambar 7 merupakan hubungan antara temperatur pembakaran terhadap waktu pembakaran diberbagai variasi kecepatan udara.



Gambar 7. Hubungan antara Temperatur Pembakaran terhadap Waktu Pembakaran diberbagai Variasi Kecepatan Udara.

Nilai efisiensi termal pada pembakaran biopellet dan kayu dengan menggunakan kompor biomassa didapatkan nilai terendah sebesar 40,365% dan 35,372% pada variasi kecepatan aliran udara sebesar 3 m/s, sedangkan pada kecepatan 6 m/s didapatkan nilai efisiensi termal sebesar 43,352% dengan bahan bakar biopellet dan 38,369% dengan bahan bakar kayu, dan nilai efisiensi termal tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s dengan nilai 46,349% dengan bahan bakar biopellet dan 41,381% dengan bahan bakar kayu. Data tersebut diambil berdasarkan variasi waktu pembakaran sebesar 600 detik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk pedoman perancangan kompor biomassa yang efektif dan efisien, serta dapat di aplikasikan secara praktis di lapangan. Selain itu, variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s dan waktu pembakaran 600 detik menjadikannya parameter penting untuk di rekomendasikan sebagai pengaturan ideal dalam pengoperasian kompor biomassa, baik dengan bahan bakar kayu maupun biopellet.

## KESIMPULAN

Nilai variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s yang memiliki nilai temperatur lidah api berkisar antara 894°C dan ruang bakar sebesar 928°C dengan bahan bakar biopellet serta nilai temperatur lidah api berkisar antara 862°C dan ruang bakar sebesar 881°C dengan bahan bakar kayu. Nilai efisiensi termal tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s dengan nilai 46,349% dengan bahan bakar biopellet dan 41,381% dengan bahan bakar kayu. Data tersebut diambil berdasarkan variasi waktu pembakaran sebesar 600 detik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk pedoman perancangan kompor biomassa yang efektif dan efisien, serta dapat di aplikasikan secara praktis di lapangan. Selain itu, variasi kecepatan udara sebesar 9 m/s dan waktu pembakaran 600 detik menjadikannya parameter penting untuk di rekomendasikan sebagai pengaturan ideal dalam pengoperasian kompor biomassa, baik dengan bahan bakar kayu maupun biopellet.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. D. Turnip., Hamdani., Suheri., (2025). Rancang Bangun Kompor Biomassa Sistem Udara Paksa Dengan Bahan Bakar Biopellet *JURNAL DEVICE*. X, (X), 1-5
- [2]. Veranika. R. M., Ali. M., Fadli. M., (2025). Optimasi Jumlah Lubang Udara pada Reaktor Kompor Biomassa untuk Peningkatan Daya Termoelektrik Generator. *Jurnal Desiminasi Teknologi*. 13, (2), 133-142.
- [3]. S. D. A. Febriani., R. Setyowati., D. A. Prasetyo., (2023) Efisiensi Kompor Biomassa Ub 03-01 dengan Bahan Bakar Serbuk Kayu Jati dan Sengon. *J-TETA*. 2, (1), 31-41.
- [4]. A. Nayan., A. Setiawan., Asnawi., D. Siska., R. Ridara., I. A. Pertiwi., (2021). Pemanfaatan Teknologi Kompor Roket Biomassa untuk Mengurangi Ketergantungan Terhadap Bahan Bakar Fosil di Desa Keude Krueng Kecamatan Kuta Makmur Aceh Utara. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*. 1, (1), 21-26.
- [5]. F. Goembira., A. Nazir., A. Husna., T. Ihsan., (2019). Analisis Konsentrasi PM<sub>2,5</sub>, CO dan CO<sub>2</sub> di dalam Ruangank Akibat Penggunaan Kompor Biomassa Berbahan Bakar Briket Tempurung Kelapa dan Briket Kayu Bakar. *JURNAL DAMPAK*. 16, (1), 42-50.
- [6]. N. E. Putra., A. Fiatno., N. Y. S. Munti., (2022). Rancang Bangun Kompor Biomassa sebagai Kompor Ramah Lingkungan. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*. 5, (1), 55-67.

- [7]. L. R. Idji., S. Haluti., E. S. Antu., (2020). Rancang Bangun Kompor Biomassa Berbahan Bakar Kayu. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*. 5, (1), 17-21.
- [8]. R. A. Putra., Zurohaina, N. Kholidah., (2024). Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Performa Kompor Biomassa Top-Lit Up Draft (T-LUD) Berbahan Bakar Biopellet Kayu Jati - Chips Bambu Betung. *Jurnal Penelitian Sains*. 26, (3), 311-317.
- [9]. J. Rahman., (2021). Kompor Biomassa sebagai Salah Satu Teknologi Tepat Guna Masyarakat Pedesaan. *Buletin Pembangunan Berkelanjutan*. 5, (3), 1-6.
- [10]. A. S. Nugroho., D. Achadi., Y. Kristianto., (2021). Pelatihan Penggunaan Kompor Biomassa Guna Meningkatkan Produktifitas Pedanggang Gorengan. *PaKMas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*. 1, (2), 157-161.
- [11]. F. Karmal., A. Hiendro., R. A. Wicaksono., (2022). Kompor Biomassa-Generator Termoelektrik Sebagai Pembangkit Energi Listrik Untuk Penerangan. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*. 3, (2), 1-8.
- [12]. M. F. Nurdin., H. Santoso., M. Dahlan., (2023). Analisis Nilai Kalor pada Empat Sisi Dinding Kompor Biomassa. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology (JEMMTEC)*. 2, (1), 47-51.
- [13]. R. Djafar., Y. Djamalu., R. Asmuliani., (2023). Penerapan Kompor Biomassa Tipe Continue Bahan Bakar pada UMKM Dodol Matuari. *JURNAL ABDIMAS GORONTALO*. 6 (2), 108-113.
- [14]. A. Y. Nasution, F. Hiro, L. Tarigan., (2022). Analisa Desain Kompor Biomassa Berbahan Bakar Tempurung Kelapa menggunakan Ansys. *Jurnal Dinamis*. 10 (1), 22-29.
- [15]. A. S. Nugroho, D. W. Achadi, Y Yulianto Kristianto., (2021). Pelatihan Penggunaan Kompor Biomassa Guna meningkatkan Produktifitas Pedanggang Gorengan. *PaKMas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*. 1 (2), 157-161